

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Valéry LEBLOND, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: METHOD AND DEVICE FOR THE PROCESSING OF INTERFERENCE IN SIGNALS RECEIVED BY AN  
ARRAY OF SENSORS



REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

#5

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

French

00 16874

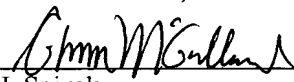
December 22, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124



22850

This Page Blank (uspto)



62368  
2 US  
JC530 U.S. PTO  
10/023943  
12/21/01

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 04 DEC. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
www.inpi.fr

**This Page Blank (uspto)**

<p>REMISE DES PIÈCES DATE <b>22 DEC 2000</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b></p> <p>N° D'ENREGISTREMENT <b>0016874</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>22 DEC. 2000</b> PAR L'INPI</p>		<p><b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b></p> <p>René LARDIC THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende 94117 ARCUEIL CEDEX</p>	
<p><b>Vos références pour ce dossier</b> <b>62 368</b> (facultatif)</p>			
<p><b>C nfirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie</p>			
<p><b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b></p>		<p><b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b></p>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
<p><b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b></p> <p>PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE TRAITEMENT D'INTERFERENCES DANS DES SIGNAUX RECUS PAR UN RESEAU DE CAPTEURS</p>			
<p><b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b></p>		<p>Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____</p> <p><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>	
<p><b>5 DEMANDEUR</b></p>		<p><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>	
Nom ou dénomination sociale		THOMSON-CSF	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 5 2 0 5 9 0 2 4	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	173, boulevard Haussmann	
	Code postal et ville	75008	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>22 DEC 2000</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0016874</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		<b>6 2 3 6 8</b>	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		LARDIC	
Prénom		René	
Cabinet ou Société		THOMSON-CSF	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 36	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 01	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  René LARDIC		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> <b>M. MARTIN</b>	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26-bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

CS 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		62368	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0216874	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LE TRAITEMENT D'INTERFERENCES DANS DES SIGNAUX RECUS PAR UN RESEAU DE CAPTEURS.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> THOMSON-CSF			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		LEBLOND	
Prénoms		Valéry	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		RENARD	
Prénoms		Alain	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		22 René LARDIC	

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour traiter, éliminer, les interférences présentes dans un ou plusieurs signaux reçus par un réseau de N capteurs.

Elle s'applique pour l'élimination d'interférences volontaires ou involontaires, occupant tout ou partie du spectre du signal satellite reçu par des récepteurs GPS (Global Positioning system).

Elle trouve son application pour améliorer les processus de traitement des interférences dans différents traitements de signal.

Elle peut aussi être utilisée pour éliminer, d'un signal reçu par des récepteurs standards, des interférences volontaires ou involontaires.

Les systèmes permettant d'effectuer des traitements anti-interférences sur la base des réseaux d'antennes, utilisent à ce jour des méthodes prenant en compte, comme données d'entrée, la totalité de la bande du signal GPS reçu.

La plupart de ces méthodes consistent à former une antenne apparente en combinant de manière pondérée les signaux issus de capteurs élémentaires. Il s'agit en fait d'utiliser un réseau de capteurs séparés dans l'espace et, par une combinaison « constructive » ou « destructive », d'atténuer très fortement le signal dans toutes les directions identifiées comme étant occupées par une ou plusieurs interférences. Typiquement, il s'agit de principes classiques de CRPA (antenne à diagramme de rayonnement contrôlé ou en abrégé anglo-saxon Controlled Radiation Pattern Antenna) mettant en œuvre des algorithmes d'inversion de puissance particulièrement bien adaptés aux signaux utiles de bruit de niveau inférieur au bruit thermique, ce qui est le cas du signal GPS.

L'algorithme de CRPA utilise, pour déterminer les coefficients de combinaison précités, le principe décrit ci-après en relation avec la figure 1.

Les signaux analogiques radioélectriques,  $s_i$ , GPS sont reçus par les N capteurs  $C_i$  d'un réseau d'antennes. Ces signaux  $s_i$  ont un spectre constitué d'une bande de 20 MHz centrée sur la fréquence  $L_1 = 1.575$  GHz (fréquence porteuse), respectivement la fréquence  $L_2 = 1.273$  GHz, ces deux fréquences porteuses étant connues du domaine GPS. Ils sont transmis à un ensemble 1 de circuits de transposition, pour être transposés à une



fréquence intermédiaire  $F_i$  plus faible que la fréquence porteuse  $L_1$  (respectivement  $L_2$ ). La transposition de fréquences est effectuée par des méthodes connues de l'Homme du métier, telle que celle décrite dans le brevet FR 2.742.612 du demandeur par exemple. Ces signaux ainsi amenés à une fréquence intermédiaire sont éventuellement filtrés. L'ensemble des traitements est réalisé par un processus analogique connu de l'Homme du métier. Les signaux filtrés sont ensuite numérisés à l'aide d'un CAN, 2, (convertisseur analogique numérique), qui travaille à une fréquence d'échantillonnage  $F_e$  choisie pour respecter le théorème de Shannon. Le CAN génère des échantillons numériques, à une fréquence de cadence  $F_e$ , qui contiennent des informations GPS sur la totalité de la bande du signal utile et qui sont appliqués à une unité de calcul 3 et à un bloc de traitement 4.

L'unité de calcul 3 identifie, sur la base d'un algorithme de type CRPA et en mettant en œuvre un calcul d'inversion de puissance, les directions dans lesquelles sont présentes des sources d'interférences. Cette unité 3 détermine les différents coefficients de pondération  $w_i$  à appliquer aux échantillons numériques.

Les coefficients de pondération  $w_i$  sont appliqués en entrée du bloc de traitement 4 aux échantillons  $x_i$  transmis directement du CAN 2, le bloc 4 étant adapté à faire disparaître les sources d'interférences dans les échantillons reconstitués, par exemple par combinaison des échantillons pondérés.

L'algorithme de détermination des coefficients de pondération à appliquer aux échantillons, est particulièrement bien adapté à des signaux dits « bande étroite », c'est-à-dire de type Onde pure (CW continuous Wave) ou peu étalés en fréquence, typiquement pour des rapports  $\text{largeur}_{\text{fréquentielle}}/\text{fréquence}_{\text{centrale}}$  très très inférieurs à l'unité. Lorsqu'une interférence intervient sur une bande fréquentielle importante, par exemple sur la totalité des 20 MHz dans le cas du GPS code P présent sur la bande  $L_2$ , ou encore du code C/A présent sur la bande  $L_1$ , les interférences sont moins bien éliminées par l'algorithme d'inversion de puissance ou plus vraisemblablement le nombre de degrés de liberté disponibles, donc le nombre d'interférences auxquelles le récepteur est résistant s'en voit diminué.

D'autre part, dans le cas de porteurs mobiles (récepteurs de type GPS ou stations comportant des récepteurs GPS) et/ou pour des interférences mobiles dans l'espace, l'estimation de la puissance et la combinaison à effectuer est plus bruitée. Elle est donc moins précise  
 5 instantanément, et il peut en résulter des sauts de phase dans le signal GPS reconstitué qui vont sensiblement perturber son fonctionnement nominal. Une des méthodes mises en œuvre pour remédier à ce problème, consiste à intégrer dans l'algorithme de traitement, un stratagème de lissage, par exemple par addition de bruit fictif, afin de réduire le bruit résultant sur les  
 10 coefficients de pondération et donc sur la phase du signal résultant. De tels artifices peuvent, toutefois, détériorer la sensibilité du système anti-perturbateurs, c'est-à-dire le niveau d'interférence minimal à partir duquel l'algorithme d'inversion de puissance va « voir » et traiter l'interférence. En ajoutant du bruit fictif, le plancher global de signal au-dessus duquel  
 15 l'algorithme « verra » l'interférence est remonté et les « petites » interférences ne sont pas vues.

L'objet de l'invention concerne un procédé de traitement de signal permettant d'éliminer des interférences dans un signal reçu par un réseau de  
 20 N capteurs, par exemple un signal satellite reçu par un récepteur GPS.

L'objet de l'invention concerne un procédé pour traiter les interférences occupant une partie au moins du spectre d'un ou de plusieurs signaux reçus par un réseau de N capteurs. Il est caractérisé en ce qu'il  
 25 comporte au moins les étapes suivantes : découper chaque échantillon  $x_i$  de signal en K bandes de fréquence, pondérer les échantillons  $x_{ik}$  obtenus par découpage, combiner par indice k de bande de fréquence donné, les différents échantillons pondérés  $w_{ik} \cdot x_{ik}$ , afin d'obtenir des signaux  $s_k$  correspondant à  $\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik}$ , avant d'effectuer la combinaison des signaux  $s_k$   
 30 pour la totalité des bandes K.

L'invention concerne aussi un procédé pour éliminer les interférences occupant une partie du spectre d'un signal reçu par un réseau

comportant N capteurs caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- numériser les signaux  $s_i$  reçus par les capteurs en N échantillons numériques  $x_i$ ,
  - 5 • transmettre les  $x_i$  échantillons numériques à K filtres  $G_k$  afin de découper chaque échantillon  $x_i$  en K bandes de fréquence,
  - appliquer les  $x_{ik}$  échantillons obtenus par découpage à :
    - une unité de calcul adaptée à déterminer les coefficients de pondération  $w_{ik}$ ,
    - 10 • un bloc de traitement adapté à :
      - combiner pour un indice k de filtre donné les différents échantillons pondérés  $w_{ik} \cdot x_{ik}$ , pour obtenir un signal  $s_k$  correspondant à
- $$\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik} ,$$
- combiner les signaux  $s_k$  afin d'obtenir un signal S' exempt en
  - 15 totalité ou en majorité d'interférences.

L'objet de l'invention concerne aussi un dispositif pour éliminer les interférences dans un ou plusieurs signaux si reçus par un réseau de N capteurs comportant au moins un ensemble de moyens adaptés à découper en fréquence chaque échantillon  $x_i$  de signal en K bandes de fréquence,

20 pondérer les échantillons  $x_{ik}$  obtenus par découpage, combiner par indice k de bande de fréquence donné les différents échantillons pondérés  $w_{ik} \cdot x_{ik}$  afin d'obtenir des signaux  $s_k$  correspondant à  $\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik}$ , effectuer la combinaison des signaux  $s_k$  pour la totalité des bandes K.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comporte au moins :

- 25 • une chaîne de réception de signaux comportant des circuits de transposition en fréquence de la fréquence du signal initial à une fréquence intermédiaire et un CAN pour convertir le signal S en N échantillons numérisés,

- un dispositif adapté pour découper en K bandes de fréquence chaque signal numérisé  $x_i$ , afin de fournir  $N \cdot K$  échantillons  $x_{ik}$ ,
- une unité de calcul recevant les  $N \cdot K$  échantillons et adaptée à déterminer des coefficients de pondération  $w_{ik}$ ,
- 5 • un bloc de traitement recevant les coefficients de pondération  $w_{ik}$  et les échantillons  $x_{ik}$ , ledit bloc étant adapté à appliquer les coefficients de pondération aux différents échantillons, à réaliser la combinaison d'une part pour un indice k donné des  $x_{ik}$  échantillons pondérés avec k variant de 1 à K et d'autre part des K signaux  $s_k$  avec k variant de 1 à K, afin
- 10 d'obtenir un signal  $S'$ .

Le procédé et le dispositif selon l'invention sont appliqués par exemple pour éliminer les interférences dans des signaux émis par un satellite et reçu par un récepteur GPS, ou encore par un système de positionnement à étalement de spectre ou encore un système de navigation

15 et de communication à étalement de spectre.

L'invention offre notamment les avantages suivants :

- elle permet de renforcer de manière très sensible les capacités de résistance aux perturbateurs (interférences volontaires ou involontaires),
- basée sur le principe du traitement « réseau » permettant de faire la
- 20 suppression « spatiale », l'invention se libère des approximations « bandes étroites » classiquement utilisées,
- elle ramène pour le traitement adaptatif, moins de bruit dans la bande réduite, ce qui aura tendance à augmenter la sensibilité de l'algorithme utilisé,
- 25 • par adjonction d'un filtrage de Kalman,
  - elle résorbe les défauts de traitement liés aux dynamiques des porteurs et des perturbateurs, et
  - permet d'obtenir un processus adaptatif de correction des défauts susceptibles d'être introduit par la réalisation matérielle, évolution des
  - 30 capacités des composants en fonction de la thermique par exemple.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit donnée en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un exemple de récepteur GPS selon l'art antérieur,
- 5 ◦ la figure 2 schématise une première mise en œuvre de l'invention, et
- la figure 3 représente une deuxième mise en œuvre de l'invention intégrant un filtre de Kalman.

Afin de mieux comprendre l'objet de l'invention, la description qui  
10 suit est donnée à titre d'exemple illustratif et nullement limitatif pour le traitement d'interférences dans des signaux reçus par des récepteurs GPS.

Le dispositif comporte de façon similaire à la figure 1, un réseau de N capteurs  $C_i$ , un bloc de transposition de fréquence et un CAN, non représentés sur la figure 2 pour des raisons de simplification.

15 Les N échantillons issus du CAN 2 (figure 1) sont appliqués à un dispositif 20 adapté à réaliser un découpage en fréquence. Le découpage en fréquence est effectué en utilisant un ensemble de K filtres numériques à réponse impulsionnelle finie, par exemple des filtres numériques FIR (Finite Impulse Response). Le dispositif 20 est pourvu de N voies d'entrée  $20_i$   
20 correspondant aux N échantillons  $x_i$ , i étant un indice désignant un échantillon, et  $N \cdot K$  voies de sortie  $20_{ik}$ , avec k l'indice correspondant au filtre utilisé. Un échantillon  $x_i$  est appliqué au K filtres  $G_k$  de manière à obtenir K signaux numériques désignés par  $x_{ik}$ , correspondant à K bandes plus restreintes que la bande initiale du signal.

25 Les caractéristiques de chacun et/ou de l'ensemble des K filtres  $G_1$  à  $G_K$  sont choisies pour que la somme des bandes de fréquence ainsi obtenues pour chaque échantillon  $x_{ik}$ , reconstitue de manière complète ou la plus complète possible la bande utile globale. Chaque échantillon a une bande utile de 20 M Hz correspondant à la bande utile du signal GPS reçu  
30 sur le capteur  $C_i$ .

Le processus de séparation de bandes est réalisé, de préférence de manière numérique, ce qui permet un ajustement précis des coefficients des différents filtres afin de reconstituer sans distorsion la bande globale.

Les échantillons  $x_{ik}$  ainsi obtenus sont appliqués d'une part à une  
35 unité de calcul 21 et d'autre part à un bloc 22 de traitement.

L'unité de calcul 21 est programmée pour effectuer un traitement d'inversion de puissance de type CRPA et pour calculer les coefficients de pondération  $w_{ik}$  dédiés, bande par bande pour les  $N \times K$  échantillons. A l'issu de ce calcul, le procédé est en possession de  $K$  jeux de coefficients de pondération ( $N \times K$  coefficients), à appliquer aux différents échantillons  $x_{ik}$  par exemple en entrée du bloc de traitement 22. Les coefficients de pondération ainsi obtenus sont mieux adaptés à l'élimination des  $K$  bandes d'interférences potentielles.

Le bloc de traitement 22 est adapté pour combiner les échantillons pondérés,  $w_{ik} \cdot x_{ik}$ . L'étape de combinaison est réalisée par exemple en combinant dans un premier temps, pour un indice  $k$  de filtre donné, les différents échantillons pondérés en faisant varier l'indice  $i$  de 1 à  $N$ , pour obtenir plusieurs signaux  $s_k$  correspondant à  $\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik}$ , puis dans un deuxième temps à sommer les signaux  $s_k$ ,  $\sum_{k=1}^K s_k$ , cette somme représentant

le signal reconstitué  $S'$  exempt ou pratiquement exempt des interférences. Les différents calculs sont réalisés à l'aide d'algorithmes de traitement appropriés, les composants utilisés pouvant être de type FPGA ou ASIC.

Avantageusement, ce mode de mise en œuvre permet de dépasser la limitation « bande étroite » des méthodes adaptatives d'inversion de puissance de type CRPA habituellement utilisées. D'autre part, en travaillant sur des bandes plus étroites que la bande du signal initial, le niveau de bruit est ramené au traitement donc, à traitement de filtrage équivalent, la sensibilité du procédé est augmentée.

La figure 3 décrit un deuxième exemple de réalisation de l'invention où les éléments homologues repris de la figure 2 portent les mêmes références. Ce mode de réalisation est particulièrement bien adapté dans le cas d'interférences mobiles ou de porteurs mobiles.

Dans cet exemple les  $N \times K$  coefficients de pondération obtenus par le calcul d'inversion de puissance sont appliqués à une étape de filtrage de dynamique, en utilisant par exemple un filtre de type Kalman, 30. Le filtre réalisé à l'aide d'un dispositif adapté, a notamment pour fonction de séparer les composantes directionnelles des  $N \times K$  coefficients (à dynamique

importante ou liée à la dynamique du perturbateur) des biais liés aux lignes de réception (composantes continues sur un horizon lointain).

La dynamique du perturbateur est par exemple spectrale, de type brouilleur à balayage, ou encore géographique de type brouilleur embarqué, 5 commutation de brouilleur ou encore temporel de type brouilleur pulsé.

En adaptant le filtre de Kalman aux différentes dynamiques, il est possible de résorber d'une part les problèmes de dynamique liés au suivi de l'interférence au cours d'un mouvement, par exemple une contrainte opérationnelle forte, tout en corrigeant les biais récepteur, tels que les 10 défauts HF en particulier : l'appairage en phase, l'amplitude, etc, qui sont limitatifs pour la performance d'élimination.

Classiquement dans un filtre de Kalman, l'adaptation se fait par le choix judicieux du « bruit de modèle », celui-ci étant généralement fixe et déterminé à la conception mais peut aussi être modifié en fonction de critère 15 ne provenant pas des mesures trouvées.

Les coefficients filtrés sont ensuite envoyés vers le bloc de traitement 22 pour effectuer la combinaison des différents échantillons pondérés, cette opération étant réalisée par bande de fréquence, comme il a été décrit en relation avec la figure 2.

20 Le signal global après traitement est ensuite reconstitué par sommation, par exemple, avant d'être utilisé selon les méthodes connues de l'art antérieur comme un signal issu d'une CRPA classique.

Sans sortir du cadre de l'invention, le procédé s'applique dans le 25 domaine de l'hybridation Inertie/GPS et aussi à tout domaine permettant de séparer les dynamiques incluses dans les coefficients de pondération.

Le procédé s'applique aussi à tous les signaux d'un système de positionnement à étalement de spectre, tel que le GPS, le système GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System), Galiléo ou encore 30 de tout système de navigation et de communication à étalement de spectre.

## REVENDECATIONS

- 1 – Procédé pour traiter les interférences occupant une partie au moins du spectre d'un ou de plusieurs signaux reçus par un réseau de N capteurs caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes : découper chaque échantillon  $x_i$  de signal en K bandes de fréquence, pondérer les échantillons  $x_{ik}$  obtenus par découpage, combiner par indice k de bande de fréquence donné les différents échantillons pondérés  $w_{ik} \cdot x_{ik}$  afin d'obtenir des signaux  $s_k$  correspondant à  $\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik}$ , avant d'effectuer la combinaison des signaux  $s_k$  pour la totalité des bandes K.
- 2 – Procédé pour éliminer les interférences occupant une partie du spectre d'un signal reçu par un réseau comportant N capteurs caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :
- numériser les signaux  $s_i$  reçus par les capteurs en N échantillons numériques  $x_i$ ,
  - transmettre les  $x_i$  échantillons numériques à K filtres  $G_k$  afin de découper chaque échantillon  $x_i$  en K bandes de fréquence,
  - appliquer les  $x_{ik}$  échantillons obtenus par découpage à :
    - une unité de calcul (3) adaptée à déterminer les coefficients de pondération  $w_{ik}$ ,
    - un bloc de traitement (4) adapté à :
      - combiner pour un indice k de filtre donné les différents échantillons pondérés  $w_{ik} \cdot x_{ik}$ ,  $s_k$  correspondant à  $\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik}$ ,
      - combiner les signaux  $s_k$  afin d'obtenir un signal  $S'$  exempt en totalité ou en majorité d'interférences.
- 3 – Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que l'étape de découpage utilise un filtre de type FIR.



4 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de filtrage de la dynamique des coefficients issus de l'unité de calcul.

5

5 – Utilisation du procédé selon l'une des revendications 1 à 4 ou du dispositif selon 6 à 8 à l'élimination des interférences dans un signal émis par un satellite et reçu par un récepteur GPS.

10 6 – Dispositif pour éliminer les interférences dans un ou plusieurs signaux si reçus par un réseau de N capteurs comportant au moins un ensemble de moyens adaptés à découper en fréquence chaque échantillon  $x_i$  de signal en K bandes de fréquence, pondérer les échantillons  $x_{ik}$  obtenus par découpage, combiner par indice k de bande de fréquence donné les  
15 différents échantillons pondérés  $w_{ik} \cdot x_{ik}$  afin d'obtenir des signaux  $s_k$  correspondant à  $\sum_{i=1}^N w_{ik} \cdot x_{ik}$ , effectuer la combinaison des signaux  $s_k$  pour la totalité des bandes K.

20 7 – Dispositif selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'il comporte au moins :

- une chaîne de réception de signaux comportant des circuits de transposition en fréquence de la fréquence du signal initial à une fréquence intermédiaire et un CAN pour convertir le signal S en N échantillons numérisés,
- 25 • un dispositif (20) adapté pour découper en K bandes de fréquence chaque signal numérisé  $x_i$ , afin de fournir  $N \cdot K$  échantillons  $x_{ik}$ ,
- une unité de calcul (21) recevant les  $N \cdot K$  échantillons et adaptée à déterminer des coefficients de pondération  $w_{ik}$ ,
- un bloc de traitement (22) recevant les coefficients de pondération  $w_{ik}$  et  
30 les échantillons  $x_{ik}$ , ledit bloc étant adapté à appliquer les coefficients de

pondération aux différents échantillons, à réaliser la combinaison d'une part pour un indice  $k$  donné des  $x_{ik}$  échantillons pondérés avec  $k$  variant de 1 à  $K$  et d'autre part des  $K$  signaux  $s_k$  avec  $k$  variant de 1 à  $K$ , afin d'obtenir un signal  $S'$ .

5

8 – Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce que le moyen pour découper les échantillons en  $K$  bandes de fréquence est formé d'un ensemble de  $K$  filtres de type FIR.

10 9 – Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8 caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (30) pour filtrer la dynamique d'au moins un des coefficients de pondération tel qu'un filtre Kalman.

15 10 – Application du dispositif selon l'une des revendications 6 à 9 pour éliminer les interférences dans des signaux émis par un satellite et reçu par un récepteur GPS, ou encore par un système de positionnement à étalement de spectre ou encore un système de navigation et de communication à étalement de spectre.

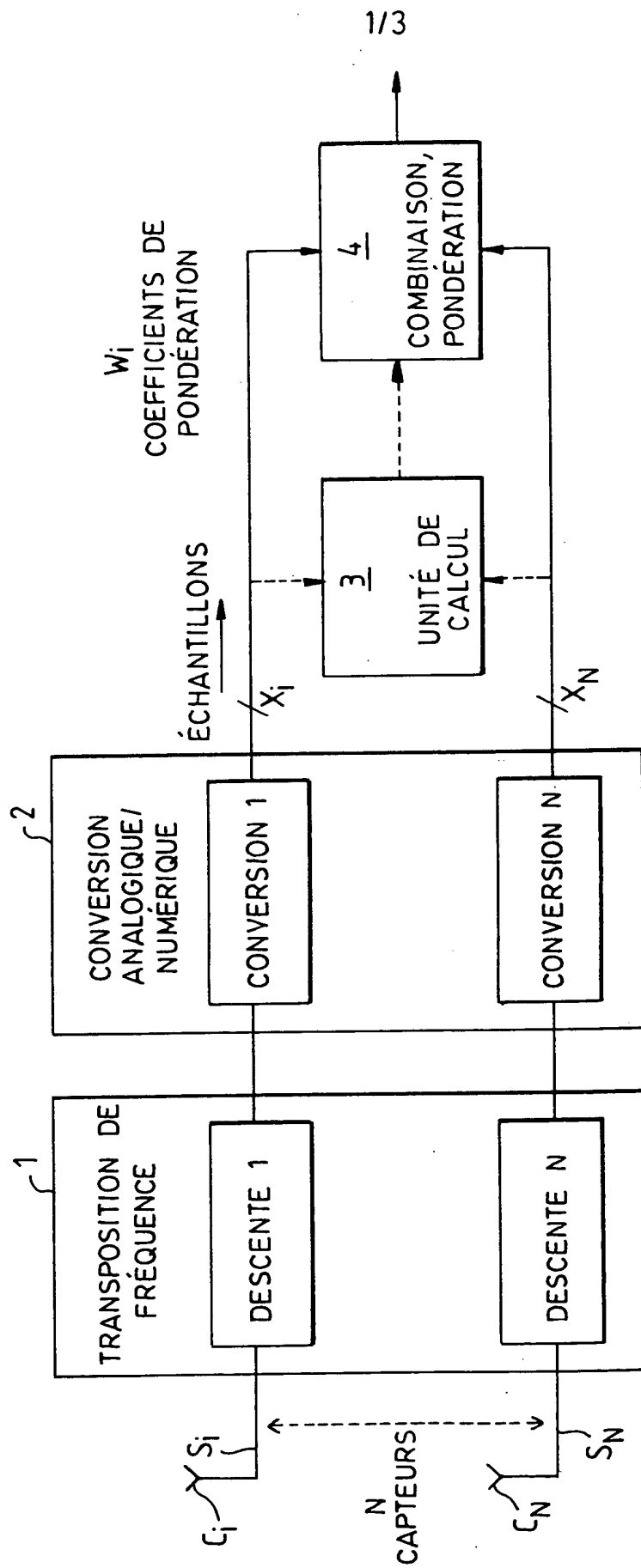


FIG.1

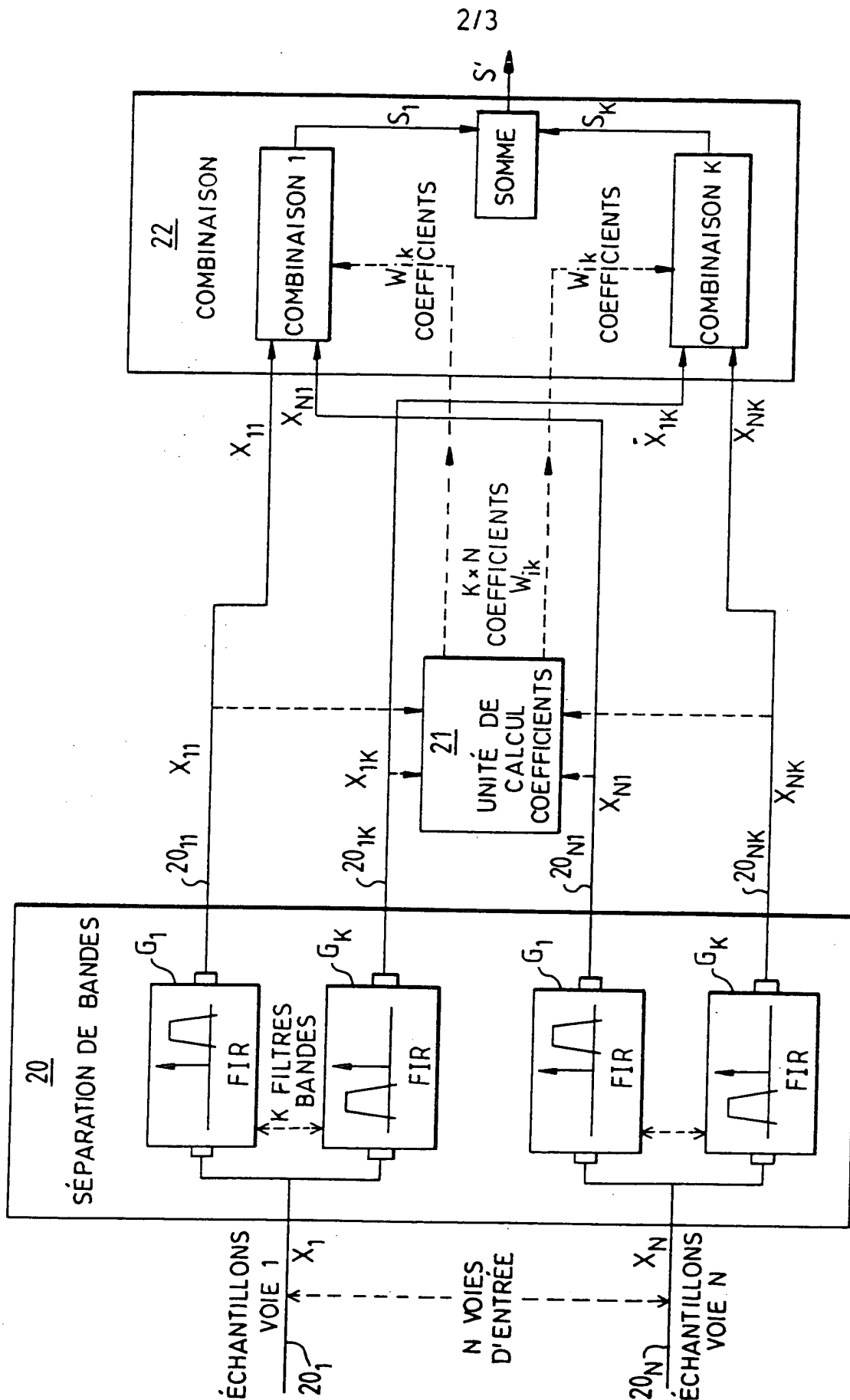


FIG.2

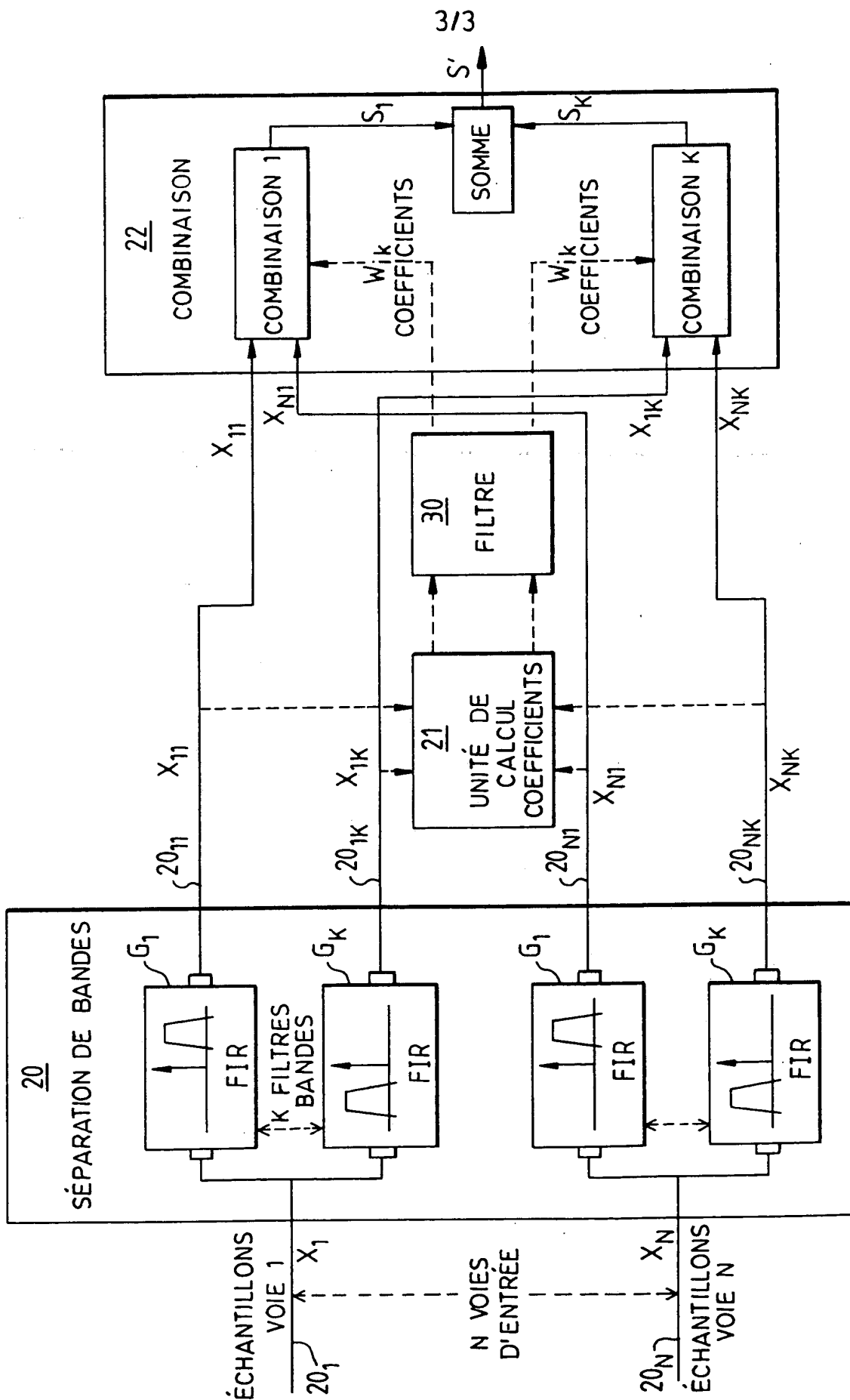


FIG.3

This Page Blank (uspto)



**22850**

(703) 413-3000

DOCKET NO.:

217601US2

INVENTOR:

Valéry Leblond, et al.